

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2022 年 4 月 14 日 (14.04.2022)



(10) 国际公布号
WO 2022/073248 A1

(51) 国际专利分类号:
G01S 17/00 (2020.01) **G01S 17/89** (2020.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2020/120250

(22) 国际申请日: 2020 年 10 月 10 日 (10.10.2020)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(71) 申请人: 深圳市大疆创新科技有限公司 (SZ DJI TECHNOLOGY CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区高新南区粤兴一道9号香港科大深圳产学研大楼6楼, Guangdong 518057 (CN)。

(72) 发明人: 杜劫熹 (DU, Jiexi); 中国广东省深圳市南山区高新南区粤兴一道9号香港科大深圳产学研大楼6楼, Guangdong 518057 (CN)。黄振昊 (HUANG, Zhenhao); 中国广东省深圳市南山区高新南区粤兴一道9号香港科大深圳产学研大楼6楼, Guangdong 518057 (CN)。

(74) 代理人: 深圳市力道知识产权代理事务所 (普通合伙) (SHENZHEN LIDAO INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY (GENERAL PARTNERSHIP)); 中国广东省深圳市福田区园岭街道八卦一路50号鹏基商务时空大厦1718, Guangdong 518000 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,

GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

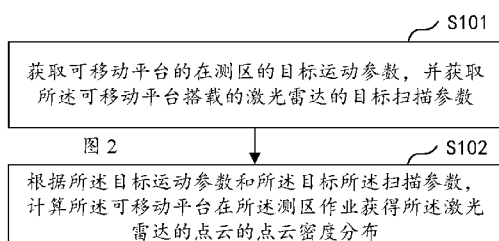
(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第21条 (3))。

(54) Title: POINT CLOUD DENSITY DETERMINATION METHOD, MOVABLE PLATFORM, AND STORAGE MEDIUM

(54) 发明名称: 点云密度确定方法、可移动平台及存储介质



S101 Acquire a target motion parameter of a movable platform in a test area, and acquire a target scanning parameter of a laser radar carried by the movable platform

S102 According to the target motion parameter and the target scanning parameter, calculate the point cloud density distribution, obtained by means of the movable platform working in the test area, of a point cloud of the laser radar

(57) Abstract: A point cloud density determination method, a movable platform, and a computer-readable storage medium. The method comprises: acquiring a target motion parameter of a movable platform in a test area, and acquiring a target scanning parameter of a laser radar carried by the movable platform (S101); and according to the target motion parameter and the target scanning parameter, calculating the point cloud density distribution, obtained by means of the movable platform working in the test area, of a point cloud of the laser radar (S102).

(57) 摘要: 一种点云密度确定方法、可移动平台及计算机可读存储介质, 所述方法包括: 获取可移动平台的在测区的目标运动参数, 并获取所述可移动平台搭载的激光雷达的目标扫描参数(S101); 根据所述目标运动参数和所述目标扫描参数, 计算所述可移动平台在所述测区作业获得所述激光雷达的点云的点云密度分布(S102)。

WO 2022/073248 A1

点云密度确定方法、可移动平台及存储介质

技术领域

5 本申请涉及可移动平台技术领域，尤其涉及一种点云密度确定方法、可移动平台及存储介质。

背景技术

10 随着如无人机等可移动平台技术的快速发展，可移动平台的应用越来越广泛，例如，可以通过可移动平台进行测绘、安防、电力巡检等方面的应用。可移动平台可以搭载相机，超声波测距仪，毫米波雷达，激光雷达等等传感器，以获得测区的数据信息，比如图像信息、距离信息等。其中，通过雷达传感器，可以获取到测区的点云数据。然而，点云数据为一种稀疏的采样数据，该采样数据是否能较好的反应对测区的测量结果，缺乏直观的体现。

15 发明内容

 基于此，本申请实施例提供一种点云密度确定方法、可移动平台及存储介质，旨在确定关于测区的点云密度分布，以为用户提供直观的作业指标。

 第一方面，本申请提供了一种点云密度确定方法，包括：

20 获取可移动平台的在测区的目标运动参数，并获取所述可移动平台搭载的激光雷达的目标扫描参数；

 根据所述目标运动参数和所述目标扫描参数，计算所述可移动平台在所述测区作业获得所述激光雷达的点云的点云密度分布。

 第二方面，本申请还提供了一种可移动平台，所述可移动平台包括存储器和处理器；

 所述存储器用于存储计算机程序；

25 所述处理器，用于执行所述计算机程序并在执行所述计算机程序时，实现如上述的点云密度确定方法。

 第三方面，本申请还提供了一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质存储有计算机程序，所述计算机程序被处理器执行时使所述处理器实现如上述的点云密度确定方法。

30 本申请公开的点云密度确定方法、可移动平台及存储介质，确定了关于测区的点云密

度分布，以为用户提供直观的作业指标。

应当理解的是，以上的一般描述和后文的细节描述仅是示例性和解释性的，并不能限制本申请。

5 附图说明

为了更清楚地说明本申请实施例技术方案，下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图是本申请的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 是本申请的实施例提供的一种可移动平台系统的示意性框图；

10 图 2 是本申请的实施例提供的一种点云密度确定方法的步骤示意图；

图 3 是可移动平台上加载的激光雷达的扫描范围的示意图；

图 4 是本申请的实施例提供的一种点云密度特征分布示意图；

图 5 是本申请的实施例提供的一种点云数量离散化示意图；

图 6 是本申请的实施例提供的一种基准点云密度分布示意图；

15 图 7 是本申请的实施例提供的一种航线 1 与航线 2 分别对应的点云密度分布示意图；

图 8 是本申请的实施例提供的一种航线 1 与航线 2 对应的整体点云密度分布示意图；

图 9 是本申请的实施例提供的一种重叠率为 R_0 时对应的整体基准点云密度曲线图；

图 10 是本申请的实施例提供的一种重叠率为 R_1 时对应的整体基准点云密度曲线图；

图 11 是本申请的实施例提供的一种最低点云密度曲线图；

20 图 12 是本申请的实施例提供的一种计算所述可移动平台在所述测区作业获得所述激光雷达的点云的点云密度分布的步骤示意图；

图 13 是本申请的实施例提供的多种运动参数和扫描参数下对应的最低点云密度曲线图；

图 14 是本申请的实施例提供的一种可移动平台的示意性框图。

25 具体实施方式

下面将结合本申请实施例中的附图，对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例是本申请一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本申请保护的范围。

附图中所示的流程图仅是示例说明，不是必须包括所有的内容和操作/步骤，也不是必须按所描述的顺序执行。例如，有的操作/步骤还可以分解、组合或部分合并，因此实际执行的顺序有可能根据实际情况改变。

应当理解，在此本申请说明书中所使用的术语仅仅是出于描述特定实施例的目的而并不意在限制本申请。如在本申请说明书和所附权利要求书中所使用的那样，除非上下文清楚地指明其它情况，否则单数形式的“一”、“一个”及“该”意在包括复数形式。

还应当理解，在本申请说明书和所附权利要求书中使用的术语“和/或”是指相关联列出的项中的一个或多个的任何组合以及所有可能组合，并且包括这些组合。

下面结合附图，对本申请的一些实施方式作详细说明。在不冲突的情况下，下述的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

本申请的实施例提供了一种点云密度确定方法、可移动平台及存储介质，用于提高获取测区的点云密度分布的准确性和可靠性。

请参阅图 1，图 1 为本申请实施例提供的一种可移动平台系统的示意性框图。如图 1 所示，可移动平台系统 1000 可以包括可移动平台 100、以及可移动平台 100 上搭载的激光雷达 200，其中，可移动平台 100 包括动力系统 110、以及可移动平台的控制器 120。其中，动力系统 110 用于为可移动平台 100 提供动力，可移动平台的控制器 120 用于控制可移动平台 100 在测区进行作业。通过激光雷达 200 可以对测区进行扫描，获得测区的点云密度分布等信息。

示例性的，可移动平台 100 包括但不限于无人机，例如旋翼型飞行器，包括单旋翼飞行器、双旋翼飞行器、三旋翼飞行器、四旋翼飞行器、六旋翼飞行器、八旋翼飞行器、十旋翼飞行器、十二旋翼飞行器等。当然，可移动平台 100 也可以是其他类型的无人机或可移动装置，比如固定翼无人机，本申请实施例不限于此。

示例性的，动力系统 110 可以包括一个或多个电子调速器（简称为电调）、一个或多个螺旋桨以及与一个或多个螺旋桨相对应的一个或多个电机，其中电机连接在电子调速器与螺旋桨之间。电子调速器用于提供驱动电流给电机，以控制电机的转速。电机用于驱动螺旋桨旋转，从而为可移动平台 100 的飞行提供动力，该动力使得可移动平台 100 能够实现一个或多个自由度的运动。在某些实施例中，可移动平台 100 可以围绕一个或多个旋转轴旋转。应理解，电机可以是直流电机，也可以交流电机。另外，电机可以是无刷电机，也可以是有刷电机。

可以理解的，上述对于可移动平台各部件的命名仅仅出于标识的目的，并不因此对本申请实施例进行限制。

以下，将结合图 1 中的可移动平台对本申请的实施例提供的点云密度确定方法进行详细介绍。需知，图 1 中的可移动平台仅用于解释本申请实施例提供的点云密度确定方法，但并不构成对本申请实施例提供的点云密度确定方法应用场景的限定。

请参阅图 2，图 2 是本申请的实施例提供的一种点云密度确定方法的示意图。该点云密度确定方法可以用于上述可移动平台系统中，即通过图 1 的可移动平台 100 来执行，当然也可以由上述可移动平台的控制器 120 来实现，或者也可以由可移动平台 100 上携带的其它控制装置来实现，本申请实施例不限于此。

10 为了方便对本申请的实施例作详细阐述，以下以该点云密度确定方法应用于可移动平台为例进行说明，以实现提高获取测区的点云密度分布的准确性和可靠性。

如图 2 所示，该点云密度确定方法具体包括步骤 S101 至步骤 S102。

S101、获取可移动平台的在测区的目标运动参数，并获取所述可移动平台搭载的激光雷达的目标扫描参数。

15 其中，可移动平台在测区的目标运动参数包括但不限于可移动平台与所述测区的距离、可移动平台的移动速度、以及可移动平台移动航线的重叠率等。可移动平台移动航线的重叠率也即旁向重叠率，是指可移动平台在第一条航线作业与在第二条航线作业重叠部分的占比。

其中，可移动平台与所述测区的距离，一定程度上可以表征为所述可移动平台搭载的激光雷达距离与所述测区的距离。若所述可移动平台为飞行器，则所述距离可以被表示为所述
20 可移动平台距离地面测区的高度。

所述可移动平台的移动速度，可以由用户直接输入，也可以根据可移动平台的运动性能确定，例如可移动平台的额定限速等等。另外也可以根据所述可移动平台执行的其他任务来确定，例如，若可移动平台在同时执行拍照任务，照片与照片之间具有固定的拍摄时间间隔和拍摄重叠范围，那么相应的可移动平台的运动速度也能够确定。

25 可移动平台移动航线的重叠率可以标识为相邻航线段之间的间隔距离。以常见的“弓”字形航线（蛇形航线）举例来说，即航线与航线之间距离越远，重叠率越小；航线与航线之间距离越小，重叠率越大。

可移动平台搭载的激光雷达的目标扫描参数包括但不限于激光雷达的激光发射频率、扫描模式以及扫描帧率。其中，激光雷达的扫描模式对应了扫描的点云的模式（pattern），例

如振荡（或钟摆）扫描模式、旋转扫描模式等。扫描帧率是指激光雷达出点云图的周期，也即多长时间出一张点云图。

在一些实施例中，获取可移动平台的在测区的目标运动参数，并获取可移动平台搭载的激光雷达的目标扫描参数可以包括：接收用户在可移动平台的用户交互界面上输入的目标运动参数和目标扫描参数。

在一些实施例中，获取可移动平台的在测区的目标运动参数，包括：基于设定的任务信息计算得到所述目标运动参数。也就是说，所述目标运动参数可以是执行主体基于任务相关的内容计算得到的。比如，可以获取测区的场景类型，是沙漠还是湿地，是平原还是山地，进一步基于任务信息计算并确定该运动参数。

为了方便用户操作，提高用户体验，在可移动平台的用户交互界面上配置相应的目标运动参数和目标扫描参数设置功能，用户可以在可移动平台的用户交互界面上输入相应的目标运动参数和目标扫描参数，比如输入可移动平台与所述测区的距离、可移动平台的移动速度、可移动平台移动航线的重叠率，以及激光发射频率、扫描模式、扫描帧率等各种参数。接收用户在可移动平台的用户交互界面上输入的目标运动参数和目标扫描参数，从而得到可移动平台的在测区的目标运动参数，以及激光雷达的目标扫描参数。

S102、根据所述目标运动参数和所述目标扫描参数，计算所述可移动平台在所述测区作业获得所述激光雷达的点云的点云密度分布。

在实际作业过程中，用户最为关心的通常不是平均点云密度能够达到多少，而是测区的最低点云密度能够达到多少，基于该实际情况，在一些实施例中，根据获得所述激光雷达的点云的点云密度分布，确定出可移动平台在测区作业获得所述激光雷达的点云的最低点云密度。

为了获得点云密度分布，示例性的，获取可移动平台与所述测区的距离、可移动平台的移动速度、可移动平台移动航线的重叠率等可移动平台在测区的目标运动参数，以及激光发射频率、扫描模式、扫描帧率等激光雷达的目标扫描参数。除了获取目标运动参数和目标扫描参数，还获取激光雷达的预设点云分布信息，其中，预设点云分布信息是在可移动平台的预设运动参数和激光雷达的预设扫描参数下测量得到的。也即，预先设置相应的可移动平台的基准高度、可移动平台的基准移动速度、可移动平台移动航线的基准重叠率等预设运动参数，以及基准发射频率、基准扫描模式、基准扫描帧率等激光雷达的预设扫描参数，可移动平台基于可移动平台的该预设运动参数以及激光雷达的该预设扫描参数进行作业，测量得到

预设点云分布信息。并且，保存该预设点云分布信息。

在一些实施例中，获取激光雷达的预设点云分布信息可以包括：获取所述激光雷达的扫描范围、以及所述可移动平台多条航线的多个重叠率；根据所述扫描范围和所述多个重叠率，确定重叠区域的点云密度和非重叠区域的点云密度；基于重叠区域的点云密度和非重叠区域

5 的点云密度，生成所述预设点云分布信息。

例如，假设可移动平台的基准高度为 H_0 ，激光雷达的 FOV (Field of View, 视场角) 为 α 的情况下，如图 3 所示，确定激光雷达的扫描范围 $L_0 = 2 * H_0 * \tan(\alpha/2)$ 。

获取可移动平台在单位时间 T_0 为 1s 内的点云密度特征分布，或以宽度 1 米为颗粒度，统计出可移动平台在基准高度（如 H_0 ）的基础下作业对应的点云密度特征分布图，例如，

10 如图 4 所示，点云数量从扫描中心到两边逐渐衰减。如图 4 中所示，在基准高度下，激光雷达的扫描范围 L 为 -70 到 70m，单位时间 1s 内扫描中心处 1m 范围（即宽度 $W_0 = 1m$ ，从负 0.5m 至正 0.5m）内的矩形阴影部分对应的点云密度特征分布，点云数量约为 70000 个点。

将激光雷达的扫描范围 L 内的点云数量离散化，分为一个个宽度 W_0 为 1m 的矩形，例如，如图 5 所示。基于离散化的点云数量，得到离散化的数列列表如表 1 所示：

15

表 1

序列	$-L/2$	...	$-i$	...	-1	0	1	...	i	...	$L/2$
基准点云数量	$B(-L/2)$	...	$B(-i)$	...	$B(-1)$	N	$A1$	...	$A(i)$	...	$A(L/2)$

如表 1 中所示，在单位时间 1s 的情况下，一共有 $L+1$ 个分段序列，中心部分 1 米宽内的点云数量为 N ，其余部分分别为 $A1$ 、 $A2$ 、...、 $A(L/2)$ 以及 $B(-1)$ 、 $B(-2)$ 、...、 $B(-L/2)$ 。需要说明的是， $A(i)$ 与 $B(-i)$ 并不一定一一对应相等。

假设可移动平台的基准移动速度为 $V_0 = 1m/s$ ，则对于图 5 中，每一个矩形阴影区域的实际面积 $S_0 = V_0 * T_0 * W_0 = 1m^2$ 。在中心处 $1m^2$ 内的点云数量为 N ，则中心处的基准点云密度 $\rho_{基准} = N \text{ pt}/m^2$ 。例如，若中心处 $1m^2$ 内的点云数量为 70000，则中心处的基准点云密度 $\rho_{基准} = 70000 \text{ pt}/m^2$ 。

针对于不均匀扫描的情况，更一般的表达则如表 2 所示：

表 2

序列	0	1	2	3	...	$L-3$	$L-2$	$L-1$	L
----	---	---	---	---	-----	-------	-------	-------	-----

基 准 点 云 数 量	N0	N1	N2	N3	...	N(L-3)	N(L-2)	N(L-1)	N(L)
-------------------	----	----	----	----	-----	--------	--------	--------	------

根据表 2 中所示,则在扫描频率为 f_0 , 基准移动速度为 $V_0=1\text{m/s}$, 宽度 $W_0=1\text{m}$, 单位时间 T_0 为 1s 的条件下,序列中每一段的基准点云密度分别为 $N_0, N_1, \dots, N(L)$ (单位为 pt/m^2), 例如, 如图 6 所示。

可移动平台作业的多条航线中每组相邻航线对应一个重叠率, 例如, 以可移动平台的航
5 线 1 和航线 2 为例, 航线 1 和航线 2 的重叠率为 R , 其中, 重叠率 R 取值为 0 至 1 之间数值, 则航线 1 与航线 2 对应的重叠区域 $L_0=R*L$, 航线 1 与航线 2 对应的非重叠区域 $L_1=(1-R)*L$ 。

将激光雷达扫描范围 L 范围内的点云密度特征离散化为一个有 $L+1$ 个值的数组 ρ_0 , 则
10 对于航线 1 非重叠区域的点云密度为 $\rho_0[0:(1-R)*L]$, 其中 $\lceil(1-R)*L\rceil$ 是向上取整, 重叠区域的点云密度为 $\rho_0[\lfloor(1-R)*L\rfloor:L]$, 其中 $\lfloor(1-R)*L\rfloor$ 是向下取整。对于航线 2, 由于方向与航线 1 相反, 所以数组的分布为反转 ρ_0 , 即 $\rho_{0\text{-reverse}}$ 。在图 4 与表 1 中, 以及对于绝大部分均匀扫描的激光雷达, ρ_0 与 $\rho_{0\text{-reverse}}$ 一致, 即 ρ_0 本身就是对称的。对于 $\rho_{0\text{-reverse}}$ 而言, 当重叠率为 R 时, 重叠区域的点云密度为 $\rho_{0\text{-reverse}}[0:(R*L)-1]$, 非重叠区域的点云密度为 $\rho_{0\text{-reverse}}[(R*L):L]$ 。

15 将两个数组相加, 则左部第一非重叠区域的点云密度为 $\rho_0[0:\lceil(1-R)*L\rceil]$, 中间重叠区域的点云密度为 $\rho_0[\lfloor(1-R)*L\rfloor:L]+\rho_{0\text{-reverse}}[0:(R*L)-1]$, 右边第二非重叠区域的点云密度为 $\rho_{0\text{-reverse}}[(R*L):L]$ 。当 R 为 50% 时, 航线 1 与航线 2 分别对应的点云密度分布如图 7 所示, 整体的点云密度分布如图 8 所示。

依此类推, 假设当重叠率为 R_0 时, 有 M 条平行航线, 则此条件下整体基准点云密度曲
20 线为如图 9 所示, 忽略两边的部分, 则在基准条件下, 重叠率为 R_0 时, 作业区域内的最低点云密度为 ρ_0' 。当重叠率为 R_1 时, 此条件下整体基准点云密度曲线为如图 10 所示, 作业区域内的最低点云密度为 ρ_1' 。由此可以绘制出在基准条件下, 重叠率 R 为从小到大 (如从 0% (完全不覆盖) 到 100% (完全重合)) 的最低点云密度, 以集合的形式可表示为 $\{\rho_N'\}$, 最低点云密度曲线如图 11 所示。

25 基于获取到的可移动平台与所述测区的距离、可移动平台的移动速度、可移动平台移动航线的重叠率等可移动平台在测区的目标运动参数, 以及激光发射频率、扫描模式、扫描帧

率等激光雷达的目标扫描参数，并基于预设点云分布信息，计算出可移动平台在测区作业获得所述激光雷达的点云的点云密度分布。

在一些实施例中，如图 12 所示，步骤 S102 可以包括子步骤 S1021 至子步骤 S1023。

S1021、获取所述目标运动参数与所述预设运动参数之间的第一数值关系。

5 S1022、获取所述目标扫描参数与所述预设扫描参数之间的第二数值关系。

可移动平台与所述测区的距离与激光雷达的扫描范围成正比，而在同一激光发射频率的条件下，点云密度与扫描范围成反比，点云密度与可移动平台与所述测区的距离、可移动平台的移动速度也成反比。通过获得可移动平台的在测区的目标运动参数，以及激光雷达的目标扫描参数，计算得到目标运动参数与预设运动参数之间的第一数值关系，以及目标扫描参数与预设扫描参数之间的第二数值关系。示例性的，获取目标运动参数与预设运动参数之间的第一数值关系可以包括：获取目标运动参数中可移动平台与所述测区的距离、与预设运动参数中基准高度之间的第一比值。

例如，若预设运动参数中可移动平台的基准高度为 H_0 ，可移动平台的在测区的目标运动参数中可移动平台与所述测区的距离为 H ，则计算获得高度 H 与基准高度 H_0 之间的第一比值为 $p=H/H_0$ 。

示例性的，获取目标扫描参数与预设扫描参数之间的第二数值关系可以包括：获取目标扫描参数中激光雷达的激光发射频率、与预设扫描参数中基准发射频率之间的第二比值。

例如，若预设扫描参数中激光雷达的基准发射频率为 f_0 ，可移动平台的在测区的目标扫描参数中激光雷达的激光发射频率为 f ，则计算获得激光发射频率 f 与基准发射频率 f_0 之间的第二比值为 $q=f/f_0$ 。

S1023、根据所述第一数值关系，所述第二数值关系，和所述预设点云分布信息，确定所述可移动平台在所述测区作业获得所述激光雷达的点云的所述点云密度分布。

基于预设点云分布信息，以及计算得到的目标运动参数与预设运动参数之间的第一数值关系和目标扫描参数与预设扫描参数之间的第二数值关系，将基准点云密度通过第一数值关系和第二数值关系进行相应比例的放大或缩小，获得可移动平台在测区作业获得所述激光雷达的点云的点云密度分布。示例性的，根据第一数值关系，第二数值关系，和预设点云分布信息，确定可移动平台在测区作业获得所述激光雷达的点云的点云密度分布可以包括：根据第一比值、第二比值、预设点云分布信息对应的基准点云密度、以及目标运动参数中可移动平台的移动速度，确定可移动平台在测区作业获得所述激光雷达的点云的最低点云密度。

30 仍以上述列举实例为例，若可移动平台在测区作业的高度 H 与基准高度 H_0 之间的第一

比值为 $p=H/H_0$ ，激光发射频率 f 与基准发射频率 f_0 之间的第二比值为 $q=f/f_0$ ，可移动平台的目标运动参数中可移动平台的移动速度为 v m/s，基准移动速度为 $V_0=1$ m/s，预设点云分布信息对应的基准点云密度中最低点云密度为 $\{\rho_N'\}$ ，则计算获得可移动平台在测区作业获得所述激光雷达的点云的最低点云密度 ρ 为：

$$\rho = \frac{\rho_N' * q}{v * p}$$

例如，如图 13 所示，其中曲线 1 为基准点云密度中最低点云密度分布；曲线 2 为可移动平台在移动速度为 5m/s，其他目标运动参数与预设运动参数一致，且目标扫描参数与预设扫描参数也一致的情况下在测区作业获得所述激光雷达的点云的最低点云密度分布；曲线 3 为可移动平台在移动速度为 1m/s，高度为 $H_0/4$ ，其他目标运动参数与预设运动参数一致，且目标扫描参数与预设扫描参数也一致的情况下在测区作业获得所述激光雷达的点云的最低点云密度分布。

在一些实施例中，获得可移动平台在测区作业获得所述激光雷达的点云的最低点云密度后，在可移动平台的用户交互界面，展示该最低点云密度，以供用户可以直观获知可移动平台在测区作业获得所述激光雷达的点云的最低点云密度，进而可以得知是否符合作业要求。

在一些实施例中，得到可移动平台在测区作业获得所述激光雷达的点云的最低点云密度，还获取预设最低点云密度，该预设最低点云密度为符合作业要求的最低点云密度，当最低点云密度小于该预设最低点云密度时，不符合作业要求。需要说明的是，该预设最低点云密度可根据实际情况进行灵活设置，在此不作具体限制。

将计算得到的可移动平台在测区作业获得所述激光雷达的点云的最低点云密度与预设最低点云密度进行比对，判断计算得到的可移动平台在测区作业获得所述激光雷达的点云的最低点云密度是否小于该预设最低点云密度。

示例性的，计算预设最低点云密度与可移动平台在测区作业获得所述激光雷达的点云的最低点云密度的比值 m ，若 m 大于或等于 1，则计算得到的可移动平台在测区作业获得所述激光雷达的点云的最低点云密度小于该预设最低点云密度；反之，若 m 小于 1，则计算得到的可移动平台在测区作业获得所述激光雷达的点云的最低点云密度不小于该预设最低点云密度。

需要说明的是，也可以通过将计算得到的可移动平台在测区作业获得所述激光雷达的点云的最低点云密度与预设最低点云密度进行作差比对，判断计算得到的可移动平台在测区作业获得所述激光雷达的点云的最低点云密度是否小于该预设最低点云密度。

若计算得到的可移动平台在测区作业获得所述激光雷达的点云的最低点云密度不小于该预设最低点云密度，也即说明符合作业要求，则控制可移动平台和激光雷达根据目标运动参数和目标扫描参数在测区作业，以获得相应点云。

5 若计算得到的可移动平台在测区作业获得所述激光雷达的点云的最低点云密度小于该预设最低点云密度，也即说明不符合作业要求，则调整目标运动参数和目标扫描参数，重新计算获得点云的最低点云密度，以使重新获得的最低点云密度不小于该预设最低点云密度。

10 在一些实施例中，若计算得到的可移动平台在测区作业获得所述激光雷达的点云的最低点云密度小于预设最低点云密度，则输出提示信息。其中，提示信息包括但不限于语音提示信息、文本提示信息等等。例如，在可移动平台的用户交互界面上显示相应的文本提示信息。用户在接收到该提示信息后，即可及时执行响应操作，反馈相应的调节指令。基于提示信息响应用户的调节指令，根据调节指令调整目标运动参数和目标扫描参数，以基于调整后的目标运动参数和目标扫描参数，重新计算获得最低点云密度。

15 在一些实施例中，调整目标运动参数和目标扫描参数可以包括：显示目标运动参数和目标扫描参数的下拉列表；所述下拉列表中包含目标运动参数和目标扫描参数对应的多种参数选项；接收用户基于所述下拉列表选择的一个参数选项；对一个参数选项对应的参数进行调整。

20 为了进一步提高用户的交互体验，当计算得到的可移动平台在测区作业获得所述激光雷达的点云的最低点云密度小于该预设最低点云密度时，显示目标运动参数和目标扫描参数的下拉列表。例如，在可移动平台的用户交互界面上显示目标运动参数和目标扫描参数的下拉列表。其中，下拉列表中包含目标运动参数和目标扫描参数对应的多种参数选项，包括但不限于可移动平台与所述测区的距离参数选项、可移动平台的移动速度参数选项、可移动平台移动航线的重叠率参数选项、激光发射频率参数选项、扫描模式参数选项、扫描帧率参数选项等。用户可以在下拉列表中选择其中的一个参数选项，比如在下拉列表中选择激光发射频率参数选项、可移动平台的移动速度参数选项。接收用户基于下拉列表选择的一个参数选项，25 对用户选择的一个参数选项对应的参数进行调整。例如，若用户选择了激光发射频率参数选项和可移动平台的移动速度参数选项，则对激光发射频率和可移动平台的移动速度进行调整。

在另一些实施例中，预先设置目标运动参数和目标扫描参数的参数优先级。示例性的，设置的目标运动参数和目标扫描参数的参数优先级从高到低的顺序依次为：激光雷达的激光发射频率的优先级、可移动平台移动航线的重叠率的优先级、可移动平台的移动速度的优先

级、可移动平台与所述测区的距离的优先级。也即激光发射频率的优先级>可移动平台移动航线的重叠率的优先级>可移动平台的移动速度的优先级>可移动平台与所述测区的距离的优先级。

调整目标运动参数和目标扫描参数可以包括：获取目标运动参数和所述目标扫描参数
5 的参数优先级；根据参数优先级，调整目标运动参数和目标扫描参数。

不同于由用户手动选择进行调整的目标运动参数和目标扫描参数，通过获取预先设置的目标运动参数和目标扫描参数的参数优先级，基于该参数优先级来自动调整目标运动参数和目标扫描参数。

在一些实施例中，根据参数优先级，调整目标运动参数和目标扫描参数可以包括：对
10 激光雷达的激光发射频率进行调整；基于调整后的激光雷达的激光发射频率、可移动平台与所述测区的距离、可移动平台的移动速度和可移动平台移动航线的重叠率，确定第一点云密度。

当预先设置的目标运动参数和目标扫描参数的参数优先级为激光发射频率的优先级>可移动平台移动航线的重叠率的优先级>可移动平台的移动速度的优先级>可移动平台与所述
15 测区的距离的优先级时，根据该参数优先级，首先对激光雷达的激光发射频率进行调整。激光雷达的激光发射频率有一定上限值，该上限值由激光雷达器件本身决定，调整后的激光雷达的激光发射频率不超过该上限值。

在调整了激光发射频率后，基于调整后的激光雷达的激光发射频率、以及原来的可移动平台与所述测区的距离、可移动平台的移动速度和可移动平台移动航线的重叠率，重新确定
20 点云的最低点云密度，为了便于描述，下文将该重新确定的最低点云密度称为第一点云密度。

若第一点云密度不小于预设最低点云密度，也即说明已经符合作业要求，则控制可移动平台和激光雷达根据调整后的目标扫描参数和目标运动参数在测区作业以获得相应点云。

若第一点云密度小于预设最低点云密度，也即说明仍然不符合作业要求，此时，根据该参数优先级对可移动平台移动航线的重叠率进行调整。

25 在调整了可移动平台移动航线的重叠率后，基于调整后的激光雷达的激光发射频率、调整后的可移动平台移动航线的重叠率、以及原来的可移动平台与所述测区的距离、可移动平台的移动速度，重新确定点云的最低点云密度，为了便于描述，下文将该重新确定的最低点云密度称为第二点云密度。

若第二点云密度不小于预设最低点云密度，也即说明已经符合作业要求，则控制可移动

平台和激光雷达根据调整后的目标扫描参数和目标运动参数在测区作业以获得相应点云。

若第二点云密度小于预设最低点云密度，也即说明仍然不符合作业要求，此时，根据该参数优先级对可移动平台的移动速度进行调整。

在调整了可移动平台的移动速度后，基于调整后的激光雷达的激光发射频率、调整后的可移动平台移动航线的重叠率、调整后的可移动平台的移动速度、以及原来的可移动平台与
5 所述测区的距离，重新确定点云的最低点云密度，为了便于描述，下文将该重新确定的最低点云密度称为第三点云密度。

若第三点云密度不小于预设最低点云密度，也即说明已经符合作业要求，则控制可移动平台和激光雷达根据调整后的目标扫描参数和目标运动参数在测区作业以获得相应点云。

10 若第三点云密度小于预设最低点云密度，也即说明仍然不符合作业要求，此时，根据该参数优先级对可移动平台与所述测区的距离进行调整。

在调整了可移动平台与所述测区的距离后，基于调整后的激光雷达的激光发射频率、调整后的可移动平台移动航线的重叠率、调整后的可移动平台的移动速度、调整后的可移动平台与所述测区的距离，重新确定点云的最低点云密度，为了便于描述，下文将该重新确定的
15 最低点云密度称为第四点云密度。

若第四点云密度不小于预设最低点云密度，也即说明已经符合作业要求，则控制可移动平台和激光雷达根据调整后的目标扫描参数和目标运动参数在测区作业以获得相应点云。

若第四点云密度小于预设最低点云密度，也即说明仍然不符合作业要求，示例性的，根据该参数优先级对上述各种参数再次进行调整，直至重新计算获得的最低点云密度小于预设
20 最低点云密度。

需要说明的是，如果可移动平台的移动速度太慢或可移动平台与所述测区的距离太低，虽然能够达到点云密度较高，但会导致作业时效率过低，与用户的初衷不符，所以实际应用当中，设置可移动平台的移动速度和高度的上限值，用户根据效率和点云密度自行权衡，在不
25 超过上限值的情况下按需求调整可移动平台的移动速度和高度。示例性的，如果在较低的移动速度和高度下最低点云密度依然不能满足要求，则可以调高可移动平台移动航线的重叠率。

示例性的，如果可移动平台负载同时搭载有可见光相机，并且对于可见光数据的地面分辨率以及重叠率有要求，则可移动平台的最大移动速度（最大移动速度=照片边长*（1-照片重叠率）/最快拍照间隔）与可移动平台的最大高度（照片地面分辨率=像元尺寸*航高/焦距）

被确定。同时，点云强度也决定了最大高度的限制。调整后的可移动平台的移动速度不超过该最大移动速度，调整后的可移动平台与所述测区的距离不超过该最大高度。

上述实施例中通过获取可移动平台的在测区的目标运动参数，以及获取可移动平台搭载的激光雷达的目标扫描参数，并根据可移动平台的目标运动参数和激光雷达的目标扫描参数，计算可移动平台在测区作业获得所述激光雷达的点云的点云密度分布，也即综合考虑了可移动平台的运动参数和激光雷达的扫描参数等多种因素来确定点云密度分布，从而提高了获取测区的点云密度分布的准确性和可靠性。

请参阅图 14，图 14 是本申请实施例提供的一种可移动平台的示意性框图。如图 14 所示，该可移动平台 300 包括处理器 301 和存储器 302，处理器 301 和存储器 302 通过总线连接，该总线比如为 I2C (Inter-integrated Circuit) 总线。

具体地，处理器 301 可以是微控制单元(Micro-controller Unit, MCU)、中央处理单元(Central Processing Unit, CPU)或数字信号处理器 (Digital Signal Processor, DSP)等。

具体地，存储器 302 可以是 Flash 芯片、只读存储器 (ROM, Read-Only Memory)磁盘、光盘、U 盘或移动硬盘等。

其中，所述处理器用于运行存储在存储器中的计算机程序，并在执行所述计算机程序时实现如下步骤：

获取可移动平台的在测区的目标运动参数，并获取所述可移动平台搭载的激光雷达的目标扫描参数；

根据所述目标运动参数和所述目标扫描参数，计算所述可移动平台在所述测区作业获得所述激光雷达的点云的点云密度分布。

在一些实施例中，所述处理器还用于实现：

获取所述激光雷达的预设点云分布信息，所述预设点云分布信息是在所述可移动平台的预设运动参数和所述激光雷达的预设扫描参数下测量得到的；

所述处理器在实现所述根据所述目标运动参数和所述目标扫描参数，计算所述可移动平台在所述测区作业获得所述激光雷达的点云的点云密度分布时，用于实现：

获取所述目标运动参数与所述预设运动参数之间的第一数值关系；

获取所述目标扫描参数与所述预设扫描参数之间的第二数值关系；

根据所述第一数值关系，所述第二数值关系，和所述预设点云分布信息，确定所述可移动平台在所述测区作业获得所述激光雷达的点云的所述点云密度分布。

在一些实施例中，所述处理器还用于实现：

根据所述点云密度分布，确定所述可移动平台在所述测区作业获得所述激光雷达的点云的最低点云密度。

在一些实施例中，所述目标运动参数包括所述可移动平台与所述测区的距离、所述可移动平台的移动速度以及所述可移动平台移动航线的重叠率。

5 在一些实施例中，所述目标扫描参数包括所述激光雷达的激光发射频率、扫描模式以及扫描帧率。

在一些实施例中，所述处理器在实现所述获取所述目标运动参数与所述预设运动参数之间的第一数值关系时，用于实现：

10 获取所述目标运动参数中所述可移动平台与所述测区的距离、与所述预设运动参数中基准高度之间的第一比值；

所述处理器在实现所述获取所述目标扫描参数与所述预设扫描参数之间的第二数值关系时，用于实现：

获取所述目标扫描参数中所述激光雷达的激光发射频率、与所述预设扫描参数中基准发射频率之间的第二比值；

15 所述处理器在实现所述根据所述第一数值关系，所述第二数值关系，和所述预设点云分布信息，确定所述可移动平台在所述测区作业获得所述激光雷达的点云的所述点云密度分布时，用于实现：

20 根据所述第一比值、所述第二比值、所述预设点云分布信息对应的基准点云密度、以及所述目标运动参数中所述可移动平台的移动速度，确定所述可移动平台在所述测区作业获得所述激光雷达的点云的最低点云密度。

在一些实施例中，所述处理器还用于实现：

在所述可移动平台的用户交互界面，展示所述最低点云密度。

在一些实施例中，所述处理器还用于实现：

获取预设最低点云密度；

25 若计算得到的所述最低点云密度小于所述预设最低点云密度，则调整所述目标运动参数和所述目标扫描参数，以使所述最低点云密度不小于所述预设最低点云密度。

在一些实施例中，所述处理器还用于实现：

30 若计算得到的所述最低点云密度不小于所述预设最低点云密度，则控制所述可移动平台和所述激光雷达根据所述目标运动参数和所述目标扫描参数在所述测区作业以获得所述点云。

在一些实施例中，所述处理器在实现所述获取所述激光雷达的预设点云分布信息时，用于实现：

获取所述激光雷达的扫描范围、以及所述可移动平台多条航线的多个重叠率；

根据所述扫描范围和所述多个重叠率，确定重叠区域的点云密度和非重叠区域的点云

5 密度；

基于重叠区域的点云密度和非重叠区域的点云密度，生成所述预设点云分布信息。

在一些实施例中，所述处理器在实现所述获取可移动平台的在测区的目标运动参数，并获取所述可移动平台搭载的激光雷达的目标扫描参数时，用于实现：

接收用户在所述可移动平台的用户交互界面上输入的所述目标运动参数和所述目标扫描参数。

在一些实施例中，所述处理器还用于实现：

若计算得到的所述最低点云密度小于所述预设最低点云密度，则输出提示信息；

基于所述提示信息响应用户的调节指令，根据所述调节指令调整所述目标运动参数和所述目标扫描参数。

15 在一些实施例中，所述处理器在实现所述调整所述目标运动参数和所述目标扫描参数时，用于实现：

显示所述目标运动参数和所述目标扫描参数的下拉列表；所述下拉列表中包含所述目标运动参数和所述目标扫描参数对应的多种参数选项；

接收用户基于所述下拉列表选择的一个参数选项；

20 对所述一个参数选项对应的参数进行调整。

在一些实施例中，所述处理器在实现所述调整所述目标运动参数和所述目标扫描参数时，用于实现：

获取所述目标运动参数和所述目标扫描参数的参数优先级；

根据所述参数优先级，调整所述目标运动参数和所述目标扫描参数。

25 在一些实施例中，所述参数优先级从高到低的顺序依次为：所述激光雷达的激光发射频率的优先级、所述可移动平台移动航线的重叠率的优先级、所述可移动平台的移动速度的优先级、所述可移动平台与所述测区的距离的优先级。

在一些实施例中，所述处理器在实现所述根据所述参数优先级，调整所述目标运动参数和所述目标扫描参数时，用于实现：

30 对所述激光雷达的激光发射频率进行调整；

基于调整后的所述激光雷达的激光发射频率、所述可移动平台与所述测区的距离、所述可移动平台的移动速度和所述可移动平台移动航线的重叠率，确定第一点云密度。

在一些实施例中，所述处理器在实现所述确定第一点云密度之后，还实现：

若所述第一点云密度小于所述预设最低点云密度，则对所述可移动平台移动航线的重叠率进行调整；

基于调整后的所述激光雷达的激光发射频率、调整后的所述可移动平台移动航线的重叠率、所述可移动平台与所述测区的距离和所述可移动平台的移动速度，确定第二点云密度。

在一些实施例中，所述处理器在实现所述确定第二点云密度之后，还实现：

若所述第二点云密度小于所述预设最低点云密度，则对所述可移动平台的移动速度进行调整；

基于调整后的所述激光雷达的激光发射频率、调整后的所述可移动平台移动航线的重叠率、调整后的所述可移动平台的移动速度、所述可移动平台与所述测区的距离，确定第三点云密度。

在一些实施例中，所述处理器在实现所述确定第三点云密度之后，还实现：

若所述第三点云密度小于所述预设最低点云密度，则对所述可移动平台与所述测区的距离进行调整；

基于调整后的所述激光雷达的激光发射频率、调整后的所述可移动平台移动航线的重叠率、调整后的所述可移动平台的移动速度、调整后的所述可移动平台与所述测区的距离，确定第四点云密度。

本申请的实施例中还提供一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质存储有计算机程序，所述计算机程序中包括程序指令，处理器执行所述程序指令，实现本申请实施例提供的点云密度确定方法的步骤。

其中，所述计算机可读存储介质可以是前述实施例所述的可移动平台的内部存储单元，例如所述可移动平台的硬盘或内存。所述计算机可读存储介质也可以是所述可移动平台的外部存储设备，例如所述可移动平台上配备的插接式硬盘，智能存储卡(Smart Media Card, SMC)，安全数字(Secure Digital, SD)卡，闪存卡(Flash Card)等。

根据本发明实施方式，提出了点云密度确定方法、可移动平台及计算机可读存储介质。通过获取可移动平台的在测区的目标运动参数，以及获取可移动平台搭载的激光雷达的目标扫描参数，并根据可移动平台的目标运动参数和激光雷达的目标扫描参数，计算可移动平台在测区作业获得所述激光雷达的点云的点云密度分布，也即综合考虑了可移动平台的运动参

数和激光雷达的扫描参数等多种因素来确定点云密度分布，从而提高了获取测区的点云密度分布的准确性和可靠性。

以上所述，仅为本申请的具体实施方式，但本申请的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本申请揭露的技术范围内，可轻易想到各种等效的修改或替换，这些修改或替换都应涵盖在本申请的保护范围之内。因此，本申请的保护范围应以权利要求的5 保护范围为准。

权 利 要 求 书

1、一种点云密度确定方法，其特征在于，所述方法包括：

5 获取可移动平台的在测区的目标运动参数，并获取所述可移动平台搭载的激光雷达的目标扫描参数；

根据所述目标运动参数和所述目标扫描参数，计算所述可移动平台在所述测区作业获得所述激光雷达的点云的点云密度分布。

2、根据权利要求1所述的点云密度确定方法，其特征在于，所述方法还包括：

10 获取所述激光雷达的预设点云分布信息，所述预设点云分布信息是在所述可移动平台的预设运动参数和所述激光雷达的预设扫描参数下测量得到的；

所述根据所述目标运动参数和所述目标扫描参数，计算所述可移动平台在所述测区作业获得所述激光雷达的点云的点云密度分布，包括：

获取所述目标运动参数与所述预设运动参数之间的第一数值关系；

获取所述目标扫描参数与所述预设扫描参数之间的第二数值关系；

15 根据所述第一数值关系，所述第二数值关系，和所述预设点云分布信息，确定所述可移动平台在所述测区作业获得所述激光雷达的点云的所述点云密度分布。

3、根据权利要求1所述的点云密度确定方法，其特征在于，所述方法还包括：

根据所述点云密度分布，确定所述可移动平台在所述测区作业获得所述激光雷达的点云的最低点云密度。

20 4、根据权利要求1所述的点云密度确定方法，其特征在于，所述目标运动参数包括所述可移动平台与所述测区的距离、所述可移动平台的移动速度和所述可移动平台移动航线的重叠率。

5、根据权利要求1所述的点云密度确定方法，其特征在于，所述目标扫描参数包括所述激光雷达的激光发射频率、扫描模式以及扫描帧率。

25 6、根据权利要求2所述的点云密度确定方法，其特征在于，所述获取所述目标运动参数与所述预设运动参数之间的第一数值关系，包括：

获取所述目标运动参数中所述可移动平台与所述测区的距离、与所述预设运动参数中基准高度之间的第一比值；

所述获取所述目标扫描参数与所述预设扫描参数之间的第二数值关系，包括：

30 获取所述目标扫描参数中所述激光雷达的激光发射频率、与所述预设扫描参数中基准发射频率之间的第二比值；

所述根据所述第一数值关系，所述第二数值关系，和所述预设点云分布信息，确定所述可移动平台在所述测区作业获得所述激光雷达的点云的所述点云密度分布，包括：

根据所述第一比值、所述第二比值、所述预设点云分布信息对应的基准点云密度、以及所述目标运动参数中所述可移动平台的移动速度，确定所述可移动平台在所述测区作业获得所述激光雷达的点云的最低点云密度。

7、根据权利要求3或6所述的点云密度确定方法，其特征在于，所述方法还包括：
在所述可移动平台的用户交互界面，展示所述最低点云密度。

8、根据权利要求3或6所述的点云密度确定方法，其特征在于，所述方法还包括：
获取预设最低点云密度；

若计算得到的所述最低点云密度小于所述预设最低点云密度，则调整所述目标运动参数和所述目标扫描参数，以使所述最低点云密度不小于所述预设最低点云密度。

9、根据权利要求8所述的点云密度确定方法，其特征在于，所述方法还包括：

若计算得到的所述最低点云密度不小于所述预设最低点云密度，则控制所述可移动平台和所述激光雷达根据所述目标运动参数和所述目标扫描参数在所述测区作业以获得所述点云。

10、根据权利要求2所述的点云密度确定方法，其特征在于，所述获取所述激光雷达的预设点云分布信息，包括：

获取所述激光雷达的扫描范围、以及所述可移动平台多条航线的多个重叠率；

根据所述扫描范围和所述多个重叠率，确定重叠区域的点云密度和非重叠区域的点云密度；

基于重叠区域的点云密度和非重叠区域的点云密度，生成所述预设点云分布信息。

11、根据权利要求1所述的点云密度确定方法，其特征在于，所述获取可移动平台的在测区的目标运动参数，并获取所述可移动平台搭载的激光雷达的目标扫描参数，包括：

接收用户在所述可移动平台的用户交互界面上输入的所述目标运动参数和所述目标扫描参数。

12、根据权利要求8所述的点云密度确定方法，其特征在于，所述方法还包括：

若计算得到的所述最低点云密度小于所述预设最低点云密度，则输出提示信息；

基于所述提示信息响应用户的调节指令，根据所述调节指令调整所述目标运动参数和所述目标扫描参数。

13、根据权利要求8所述的点云密度确定方法，其特征在于，所述调整所述目标运动参

数和所述目标扫描参数，包括：

显示所述目标运动参数和所述目标扫描参数的下拉列表；所述下拉列表中包含所述目标运动参数和所述目标扫描参数对应的多种参数选项；

接收用户基于所述下拉列表选择的一个参数选项；

5 对所述一个参数选项对应的参数进行调整。

14、根据权利要求8所述的点云密度确定方法，其特征在于，所述调整所述目标运动参数和所述目标扫描参数，包括：

获取所述目标运动参数和所述目标扫描参数的参数优先级；

根据所述参数优先级，调整所述目标运动参数和所述目标扫描参数。

10 15、根据权利要求14所述的点云密度确定方法，其特征在于，所述参数优先级从高到低的顺序依次为：所述激光雷达的激光发射频率的优先级、所述可移动平台移动航线的重叠率的优先级、所述可移动平台的移动速度的优先级、所述可移动平台与所述测区的距离的优先级。

15 16、根据权利要求15所述的点云密度确定方法，其特征在于，所述根据所述参数优先级，调整所述目标运动参数和所述目标扫描参数，包括：

对所述激光雷达的激光发射频率进行调整；

基于调整后的所述激光雷达的激光发射频率、所述可移动平台与所述测区的距离、所述可移动平台的移动速度和所述可移动平台移动航线的重叠率，确定第一点云密度。

20 17、根据权利要求16所述的点云密度确定方法，其特征在于，所述确定第一点云密度之后，还包括：

若所述第一点云密度小于所述预设最低点云密度，则对所述可移动平台移动航线的重叠率进行调整；

基于调整后的所述激光雷达的激光发射频率、调整后的所述可移动平台移动航线的重叠率、所述可移动平台与所述测区的距离和所述可移动平台的移动速度，确定第二点云密度。

25 18、根据权利要求17所述的点云密度确定方法，其特征在于，所述确定第二点云密度之后，还包括：

若所述第二点云密度小于所述预设最低点云密度，则对所述可移动平台的移动速度进行调整；

30 基于调整后的所述激光雷达的激光发射频率、调整后的所述可移动平台移动航线的重叠率、调整后的所述可移动平台的移动速度、所述可移动平台与所述测区的距离，确定第三

点云密度。

19、根据权利要求18所述的点云密度确定方法，其特征在于，所述确定第三点云密度之后，还包括：

5 若所述第三点云密度小于所述预设最低点云密度，则对所述可移动平台与所述测区的距离进行调整；

基于调整后的所述激光雷达的激光发射频率、调整后的所述可移动平台移动航线的重叠率、调整后的所述可移动平台的移动速度、调整后的所述可移动平台与所述测区的距离，确定第四点云密度。

20、一种可移动平台，其特征在于，包括：

10 存储器，用于存储计算机程序；

处理器，用于调用所述存储器中的计算机程序，以执行如权利要求1至19任一项所述的点云密度确定方法。

21、一种存储介质，其特征在于，所述存储介质用于存储计算机程序，所述计算机程序被处理器加载以执行权利要求1至19任一项所述的点云密度确定方法。

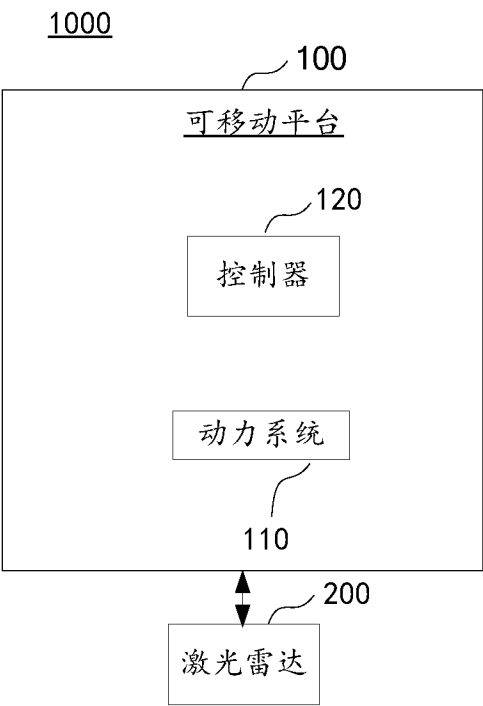


图 1

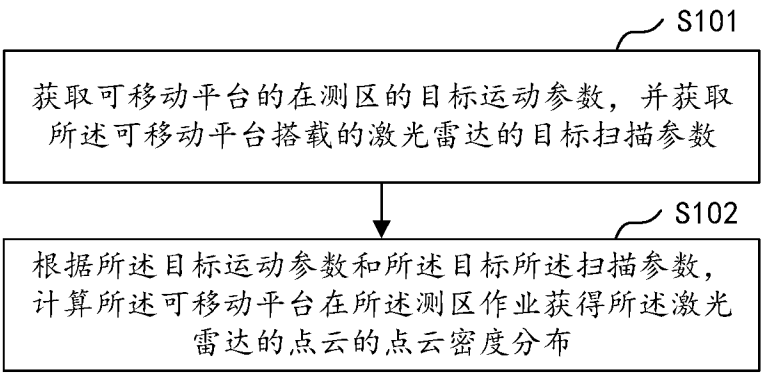


图 2

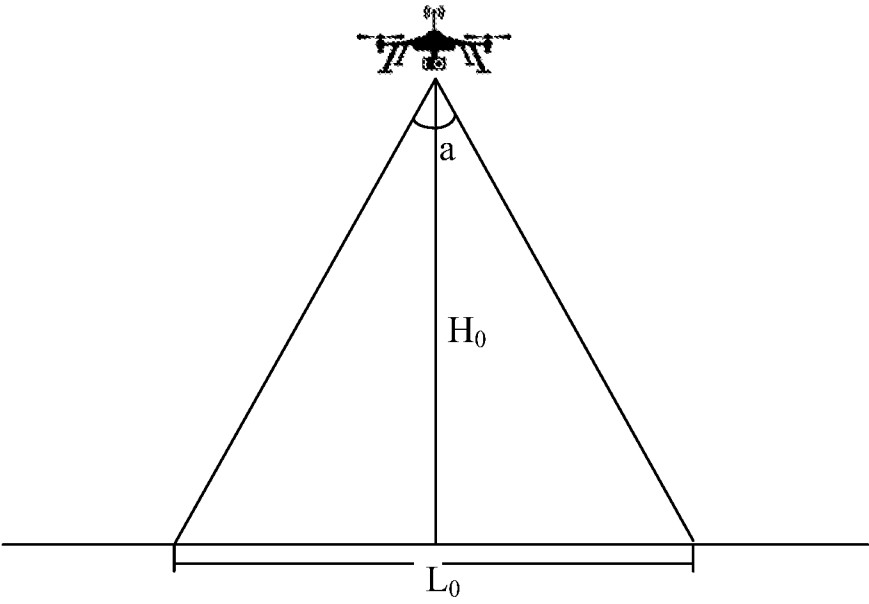


图 3

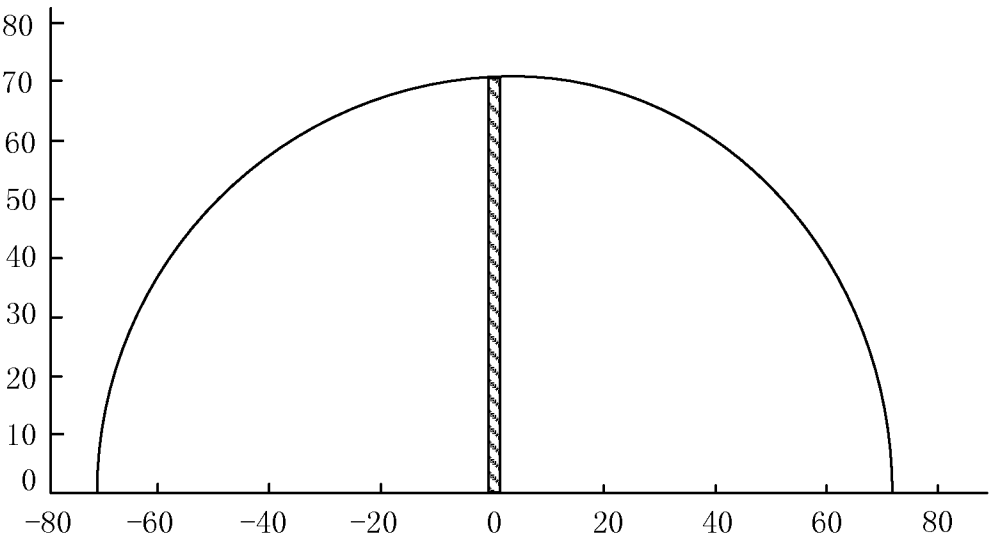


图 4

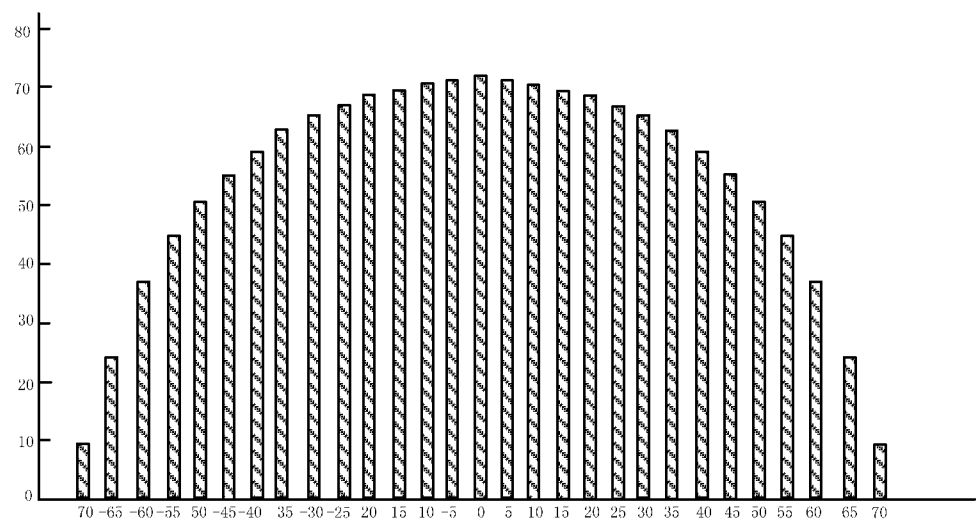


图 5

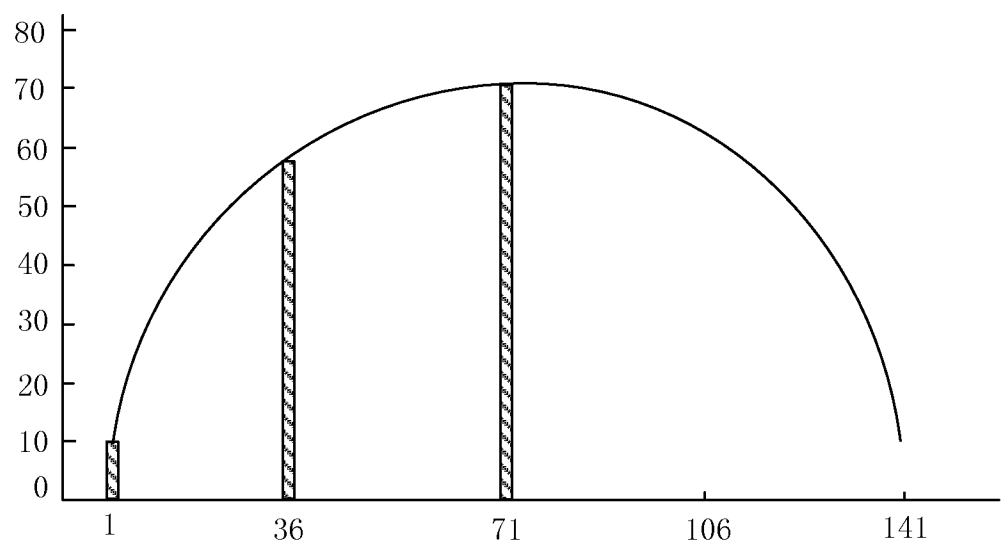


图 6

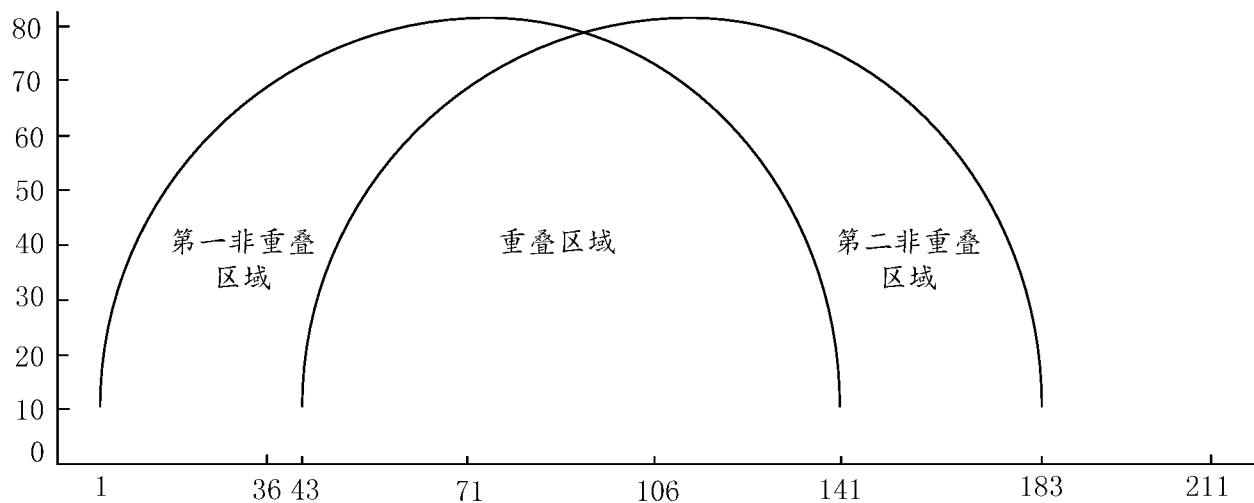


图 7

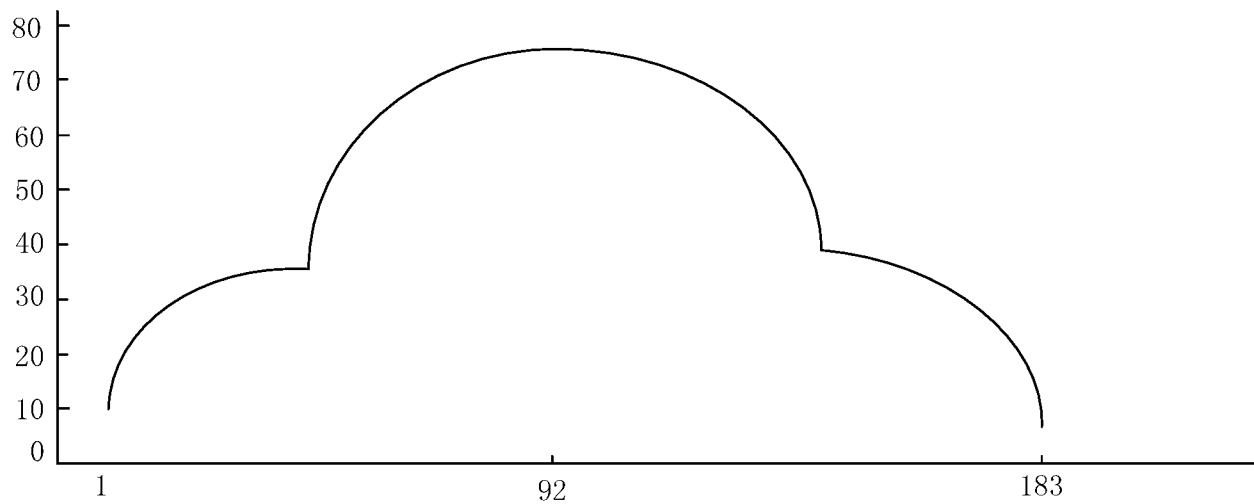


图 8

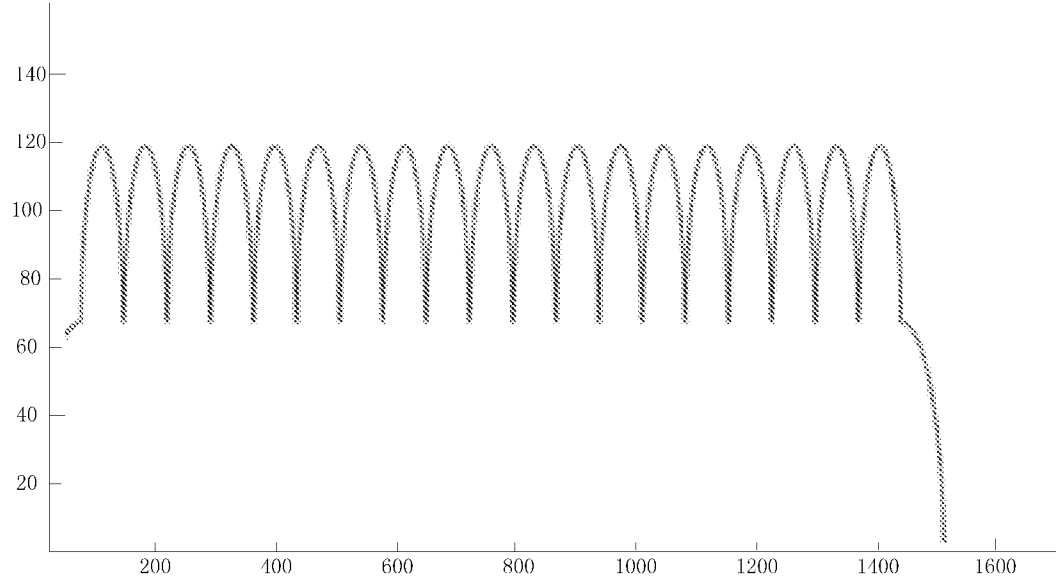


图 9

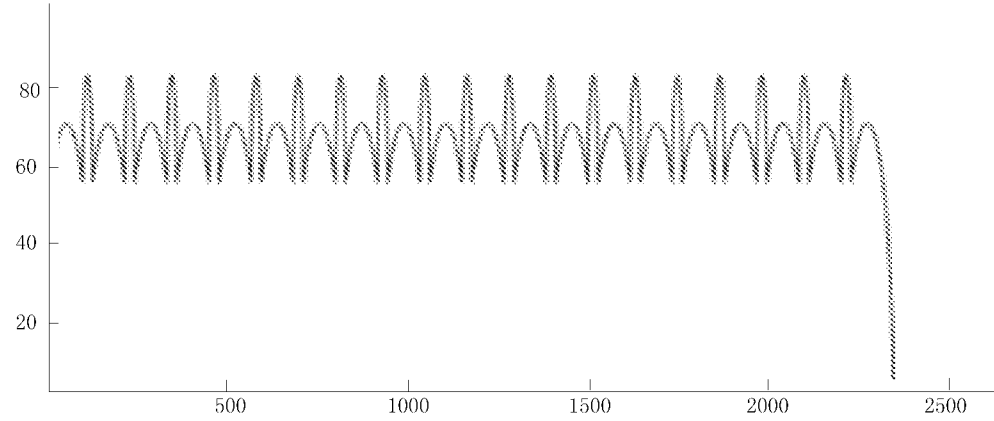


图 10

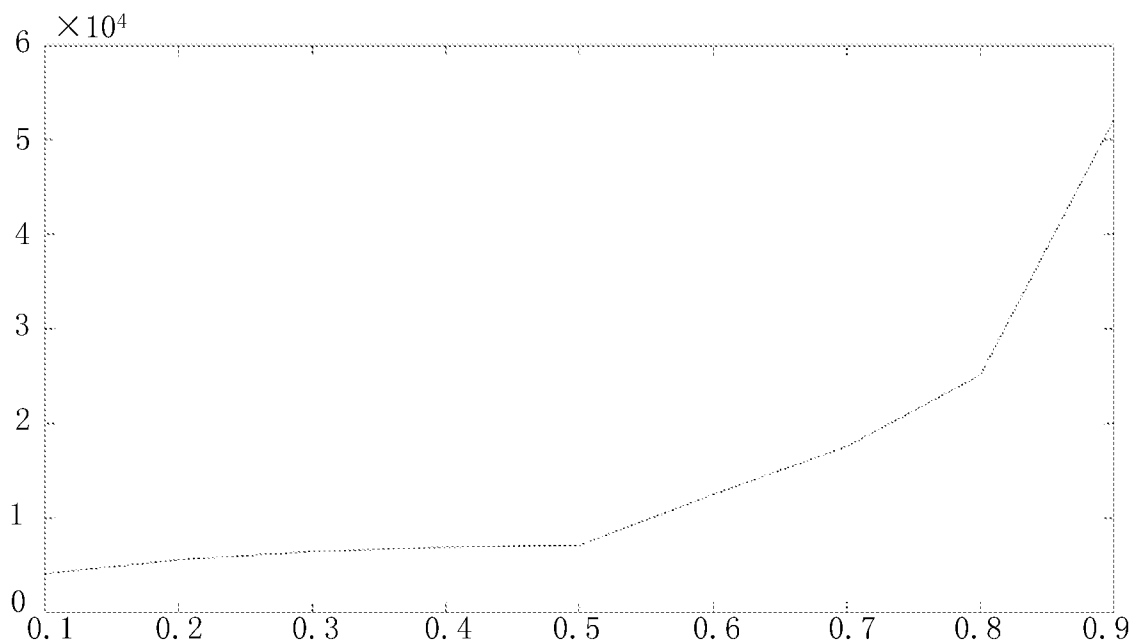


图 11

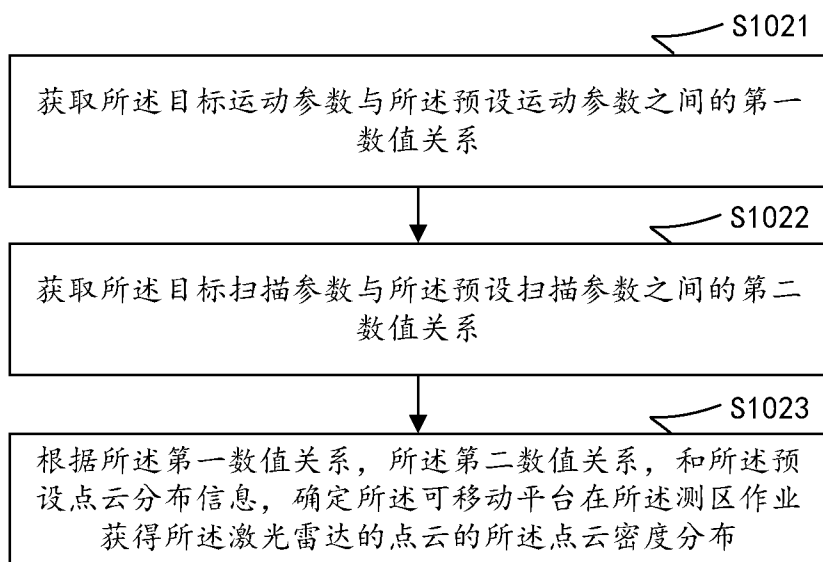


图 12

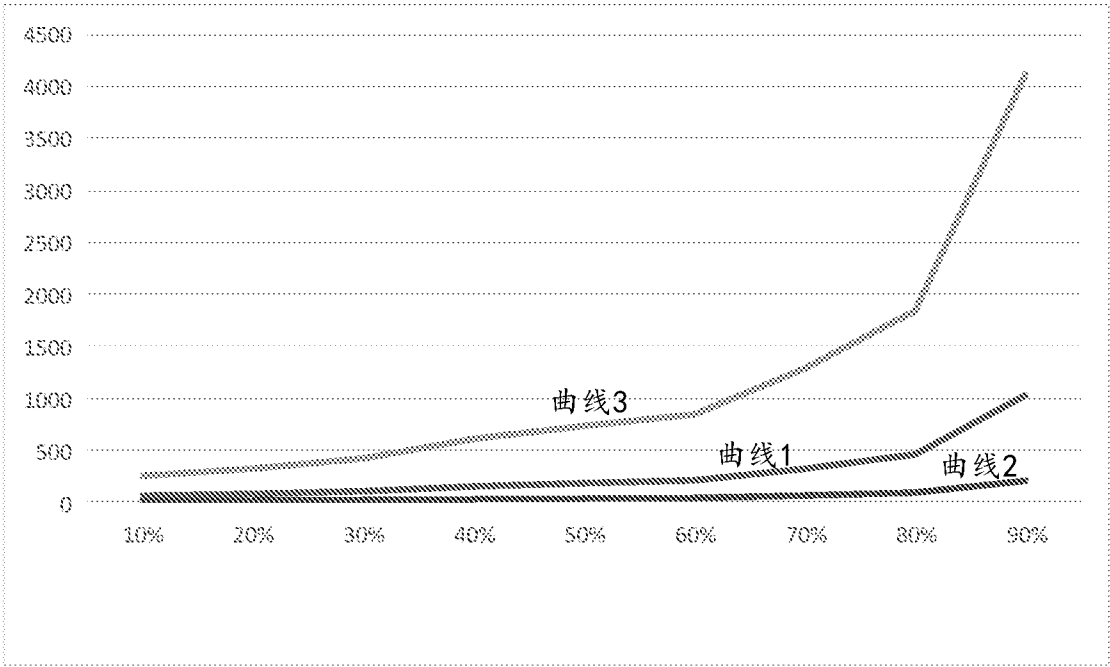


图 13

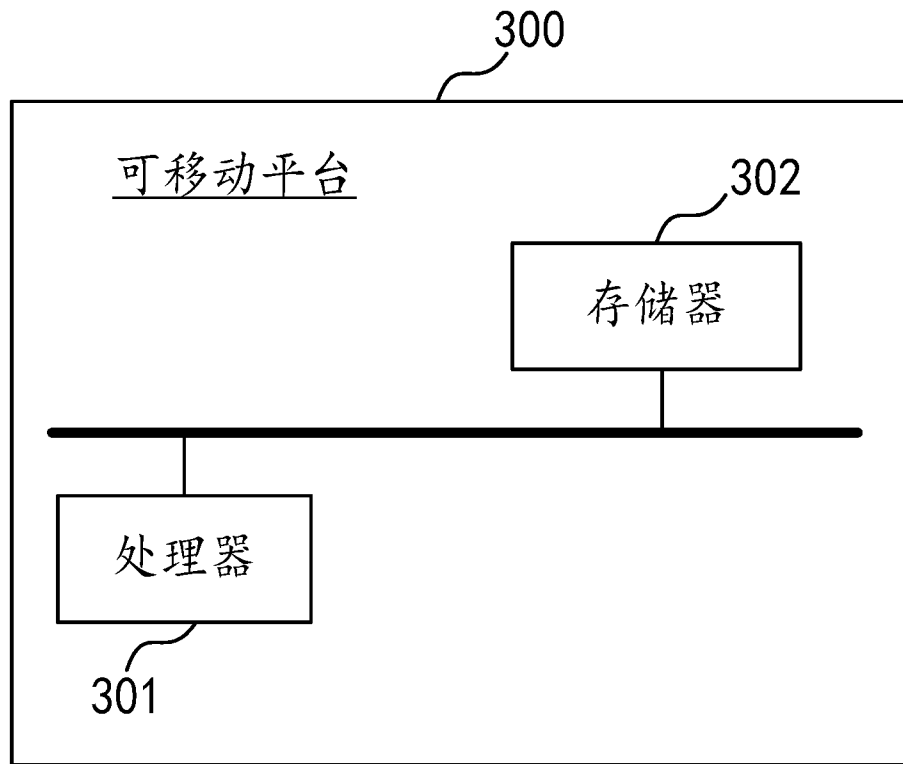


图 14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/120250

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G01S 17/00(2020.01)i; G01S 17/89(2020.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC																	
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01S Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) CNABS; CNTXT; CNKI; VEN; USTXT; EPTXT; WOTXT; IEEE: 点云密度, 可移动平台, 飞行器, 无人机, 飞机, 激光雷达, 距离, 高度, 速度, 重叠率, 频率, 扫描, 确定, 计算, 获取, 点云密度分布, 最低点云密度, point cloud density, Mobile platform, aircraft, drone, UAV, unmanned aerial vehicle, lidar, ladar, laser, radar, distance, speed, overlap rate, height, frequency, scan, sweep																	
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category*</th> <th>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>李志杰 等 (LI, Zhijie et al.). "影响机载激光雷达点云密度的因素分析 (Analysis of the Factors Affecting Point Cloud Density of Airborne LiDAR)" <i>测绘科学 (Science of Surveying and Mapping)</i>, Vol. 44, No. 6, 20 June 2019 (2019-06-20), full text, sections 1-3</td> <td>1-21</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 108508430 A (NATIONAL UNIVERSITY OF DEFENSE TECHNOLOGY OF PLA) 07 September 2018 (2018-09-07) description paragraphs [0011]-[0014], [0045]-[0047]</td> <td>1-21</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 110308457 A (SHENZHEN TIANYAN LASER TECHNOLOGY CO., LTD.) 08 October 2019 (2019-10-08) entire document</td> <td>1-21</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 107340522 A (ZHEJIANG GUOZI ROBOTICS CO., LTD.) 10 November 2017 (2017-11-10) entire document</td> <td>1-21</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X	李志杰 等 (LI, Zhijie et al.). "影响机载激光雷达点云密度的因素分析 (Analysis of the Factors Affecting Point Cloud Density of Airborne LiDAR)" <i>测绘科学 (Science of Surveying and Mapping)</i> , Vol. 44, No. 6, 20 June 2019 (2019-06-20), full text, sections 1-3	1-21	X	CN 108508430 A (NATIONAL UNIVERSITY OF DEFENSE TECHNOLOGY OF PLA) 07 September 2018 (2018-09-07) description paragraphs [0011]-[0014], [0045]-[0047]	1-21	A	CN 110308457 A (SHENZHEN TIANYAN LASER TECHNOLOGY CO., LTD.) 08 October 2019 (2019-10-08) entire document	1-21	A	CN 107340522 A (ZHEJIANG GUOZI ROBOTICS CO., LTD.) 10 November 2017 (2017-11-10) entire document	1-21
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.															
X	李志杰 等 (LI, Zhijie et al.). "影响机载激光雷达点云密度的因素分析 (Analysis of the Factors Affecting Point Cloud Density of Airborne LiDAR)" <i>测绘科学 (Science of Surveying and Mapping)</i> , Vol. 44, No. 6, 20 June 2019 (2019-06-20), full text, sections 1-3	1-21															
X	CN 108508430 A (NATIONAL UNIVERSITY OF DEFENSE TECHNOLOGY OF PLA) 07 September 2018 (2018-09-07) description paragraphs [0011]-[0014], [0045]-[0047]	1-21															
A	CN 110308457 A (SHENZHEN TIANYAN LASER TECHNOLOGY CO., LTD.) 08 October 2019 (2019-10-08) entire document	1-21															
A	CN 107340522 A (ZHEJIANG GUOZI ROBOTICS CO., LTD.) 10 November 2017 (2017-11-10) entire document	1-21															
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.																	
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family																	
Date of the actual completion of the international search 02 June 2021		Date of mailing of the international search report 01 July 2021															
Name and mailing address of the ISA/CN China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088 China Facsimile No. (86-10)62019451		Authorized officer Telephone No.															

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/120250

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Jin-King Liu et al. "Landslide detection by indices of LiDAR point-cloud density" <i>2010 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium</i> , 30 July 2010 (2010-07-30), entire document	1-21

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2020/120250

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)
CN	108508430	A	07 September 2018	CN	108508430	B 17 July 2020
CN	110308457	A	08 October 2019	None		
CN	107340522	A	10 November 2017	CN	107340522	B 17 April 2020

A. 主题的分类 G01S 17/00(2020.01)i; G01S 17/89(2020.01)i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类																				
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) G01S 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) CNABS;CNTXT;CNKI;VEN;USTXT;EPTXT;WOTXT;IEEE:点云密度, 可移动平台, 飞行器, 无人机, 飞机, 激光雷达, 距离, 高度, 速度, 重叠率, 频率, 扫描, 确定, 计算, 获取, 点云密度分布, 最低点云密度, point cloud density, Mobile platform, aircraft, drone, UAV, unmanned aerial vehicle, lidar, ladar, laser, radar, distance, speed, overlap rate, height, frequency, scan, sweep																				
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>李志杰等. "影响机载激光雷达点云密度的因素分析" 测绘科学, 第44卷, 第6期, 2019年 6月 20日 (2019 - 06 - 20), 正文第1-3节</td> <td>1-21</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 108508430 A (中国人民解放军国防科技大学) 2018年 9月 7日 (2018 - 09 - 07) 说明书第[0011]-[0014]、[0045]-[0047]段</td> <td>1-21</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 110308457 A (深圳天眼激光科技有限公司) 2019年 10月 8日 (2019 - 10 - 08) 全文</td> <td>1-21</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 107340522 A (浙江国自机器人技术有限公司) 2017年 11月 10日 (2017 - 11 - 10) 全文</td> <td>1-21</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>Jin-King Liu等. "Landslide detection by indices of LiDAR point-cloud density" 2010 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2010年 7月 30日 (2010 - 07 - 30), 全文</td> <td>1-21</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	李志杰等. "影响机载激光雷达点云密度的因素分析" 测绘科学, 第44卷, 第6期, 2019年 6月 20日 (2019 - 06 - 20), 正文第1-3节	1-21	X	CN 108508430 A (中国人民解放军国防科技大学) 2018年 9月 7日 (2018 - 09 - 07) 说明书第[0011]-[0014]、[0045]-[0047]段	1-21	A	CN 110308457 A (深圳天眼激光科技有限公司) 2019年 10月 8日 (2019 - 10 - 08) 全文	1-21	A	CN 107340522 A (浙江国自机器人技术有限公司) 2017年 11月 10日 (2017 - 11 - 10) 全文	1-21	A	Jin-King Liu等. "Landslide detection by indices of LiDAR point-cloud density" 2010 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2010年 7月 30日 (2010 - 07 - 30), 全文	1-21
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																		
X	李志杰等. "影响机载激光雷达点云密度的因素分析" 测绘科学, 第44卷, 第6期, 2019年 6月 20日 (2019 - 06 - 20), 正文第1-3节	1-21																		
X	CN 108508430 A (中国人民解放军国防科技大学) 2018年 9月 7日 (2018 - 09 - 07) 说明书第[0011]-[0014]、[0045]-[0047]段	1-21																		
A	CN 110308457 A (深圳天眼激光科技有限公司) 2019年 10月 8日 (2019 - 10 - 08) 全文	1-21																		
A	CN 107340522 A (浙江国自机器人技术有限公司) 2017年 11月 10日 (2017 - 11 - 10) 全文	1-21																		
A	Jin-King Liu等. "Landslide detection by indices of LiDAR point-cloud density" 2010 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2010年 7月 30日 (2010 - 07 - 30), 全文	1-21																		
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																				
* 引用文件的具体类型: "A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 "E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 "L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) "O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 "P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 "T" 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 "X" 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 "Y" 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 "&" 同族专利的文件																				
国际检索实际完成的日期 2021年 6月 2日		国际检索报告邮寄日期 2021年 7月 1日																		
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		授权官员 马娟 电话号码 86-(20)-28950745																		

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/120250

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	108508430	A	2018年 9月 7日	CN 108508430 B	2020年 7月 17日
CN	110308457	A	2019年 10月 8日	无	
CN	107340522	A	2017年 11月 10日	CN 107340522 B	2020年 4月 17日